

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)	
)	
Takaaki TSUNODA et al.)	Group Art Unit: Unassigned
)	
Application No.: Unassigned)	Examiner: Unassigned
)	
Filed: January 27, 2004)	Confirmation No.: Unassigned
)	
For: SYSTEM AND METHOD OF)	
DEPOSITION OF MAGNETIC)	
MULTILAYER FILM, METHOD OF)	
EVALUATION OF FILM DEPOSITION,)	
AND METHOD OF CONTROL OF)	
FILM DEPOSITION)	

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. JP2003-18935

Filed: 28 January 2003

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Jennifer Topmiller
Reg. No. 50435 for
By: William C. Rowland
Registration No. 30,888

Date: January 27, 2004

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 8 日
Date of Application:

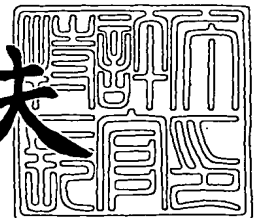
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 1 8 9 3 . 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 1 8 9 3 5]

出 願 人 アネルバ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 3 4 6 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 TA2002035

【提出日】 平成15年 1月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C23C 14/54

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号 アネルバ株式会社内

 【氏名】 角田 隆明

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号 アネルバ株式会社内

 【氏名】 水野 茂

【特許出願人】

 【識別番号】 000227294

 【住所又は居所】 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号

 【氏名又は名称】 アネルバ株式会社

 【代表者】 今村 有孝

【代理人】

 【識別番号】 100094020

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田宮 寛祉

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007766

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9104569

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁性多層膜作製の装置および方法、膜作製の評価方法、膜作製の制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に複数の磁性膜を含む多層膜を作製する複数の処理チャンバと、膜が堆積された前記基板を大気から遮断した状態で搬送する搬送手段と、金属膜の処理チャンバを有する磁性多層膜作製装置において、

前記金属膜の処理チャンバに、前記多層膜に含まれる金属膜を処理する処理手段と、前記金属膜の状態を光学的に評価する光学的測定手段と、この光学的測定手段から出力される測定信号に基づいて前記処理手段の動作を制御する制御手段を備えたことを特徴とする磁性多層膜作製装置。

【請求項 2】 前記光学的測定手段は、反射型赤外分光光度計であり、前記金属膜の処理チャンバの容器外側に設けられた赤外光を発生する光源と、前記赤外光を前記処理チャンバ内に配置された前記基板の前記金属膜の表面に導入するための入射用窓と、前記金属膜の表面を経た測定光を前記処理チャンバ外部へ取り出すための反射光用窓と、前記測定光を検知する検知手段と、検出された信号から膜の状態を判定する演算処理手段とから構成されることを特徴とする請求項 1 記載の磁性多層膜作製装置。

【請求項 3】 前記測定光は、前記金属膜における処理部分と非処理部分との間の界面に起因して生じる光であることを特徴とする請求項 2 記載の磁性多層膜作製装置。

【請求項 4】 前記測定光は、前記赤外光が前記金属膜の裏面側に位置する他の膜との関係によって反射される光であることを特徴とする請求項 2 記載の磁性多層膜作製装置。

【請求項 5】 前記複数の処理チャンバおよび前記金属膜の処理チャンバは、前記搬送手段を備えた前記搬送チャンバの周囲に配置され、前記基板は大気から遮断された状態で移動され、前記金属膜の処理チャンバでの前記金属膜の評価プロセスも真空内で行われることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の磁性多層膜作製装置。



【請求項 6】 前記金属膜の処理チャンバで行われる処理は酸化処理であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の磁性多層膜作製装置。

【請求項 7】 基板上に複数の磁性膜を含む多層膜を作製する磁性多層膜作製方法において、前記多層膜に含まれる金属膜を、成膜途中の段階でかつ大気を遮断した状態で、前記金属膜の状態を光学的に測定・評価しながら最適に処理することを特徴とする磁性多層膜作製方法。

【請求項 8】 前記金属膜の状態の測定・評価は前記金属膜の酸化状態の検知に基づいて行われることを特徴とする請求項 7 記載の磁性多層膜作製方法。

【請求項 9】 基板上に金属膜を作製する膜作製において、前記金属膜を、大気を遮断した状態で処理し、前記金属膜における処理部分と非処理部分との関係を光学的に測定しながら前記金属膜における処理の進行状態を評価することを特徴とする膜作製における評価方法。

【請求項 10】 前記金属膜の処理状態の評価は前記金属膜の酸化状態の検知に基づいて行われることを特徴とする請求項 9 記載の膜作製の評価方法。

【請求項 11】 前記金属膜は A1（アルミニウム）であり、所定周波数の光について、前記酸化前の A1 を基準として、その酸化により発現する酸化部分のピーク位置（A1-O）の吸収強度の差から前記酸化部分の増加を評価することを特徴とする請求項 10 記載の膜作製の評価方法。

【請求項 12】 基板上の金属膜を酸化するための方法であり、前記金属膜を大気を遮断した状態で酸化し、前記金属膜における酸化部分と非酸化部分の関係を光学的に測定し前記金属膜における酸化の進行状態を評価することを特徴とする膜作製の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁性多層膜作製の装置および方法、膜作製の評価方法、膜作製の制御方法に関し、特に、半導体デバイスおよび電子部品の製造について、表面状態を評価しながら金属酸化膜を作製したり、大気と遮断された雰囲気中で連続的に膜やその酸化膜等を順次積層する多層膜作製工程中での膜の表面特性の管理に関す

る。

【0002】

【従来の技術】

近年、HDDの磁気記録密度を安定して向上させるため、磁気記録媒体や磁気ヘッドにおいてさまざまな手法が開発されている。特に近年では、MR比の大きな素子としてトンネル型磁気抵抗薄膜（TMR）ヘッドが採用されてきている。さらに、このTMR構造を有するMRAM(Magnetic Random Access Memory)は、次世代の半導体素子として注目を集めている。TMR素子を構成する膜は、単層あるいは複数の層からなる上下2つの磁性層の間に絶縁膜を挟んだ構造となっている。複数の磁性膜の各々は個別にスパッタリングを利用して成膜され、絶縁層は金属膜の酸化により成膜される。連続的に複数の磁性膜を作ることにおいては、基板上に連続して積層する必要がある。この連続した積層方法については、本発明の出願人により1つの方法が提案されている（特許文献1）。

【0003】

特許文献1に開示される方法によれば、例えば3つの異なる成膜チャンバのそれぞれにおいて磁性膜や非磁性膜が連続して積層状態で作製される。そして、例えば1つの成膜チャンバに配置されたA1ターゲットによりA1膜が成膜された後、他に設けられた同様な真空環境の酸化処理チャンバにおいて当該A1膜が酸化処理されるようになっている。

【0004】

なお本発明に関連する従来技術として、回転楕円体の形態を有する部材を回転させながらスパッタリングでその表面に適切な厚みの膜を成膜するため膜の分光特性を光学的装置でリアルタイムでモニタしながら成膜する方法がある（特許文献2）。さらに基板と被測定物との間の界面における当該被測定物の分子の配向状態を定量的に分析するための高感度反射赤外スペクトル測定方法が提案されている（特許文献3）。

【0005】

【特許文献1】

特開 2002-167661号公報

【特許文献 2】

特開 2002-30435 号公報

【特許文献 3】

特開平 9-264848 号公報

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

上記の TMR 素子においては、接合抵抗を小さくする必要から、絶縁層の膜厚は 1 nm のように非常に薄い構成となっていて、平滑でかつ十分に酸化されていることが求められている。TMR 素子の電気特性は、この酸化状態により強く影響を受け、十分に酸化されていれば高い MR 比が得られる。

【0007】

しかしながら、一般的な従来装置では、Al 膜が完全に酸化されたかどうかの状態を知るためには、成膜装置からモニタ用基板を取り出し、大気雰囲気において素子加工後の電氣的磁氣的特性測定による他はなかった。従って、上記のような TMR 素子のごときデバイスを作る一連の行程の途中で不都合が生じて、最終的な製品になるまで判断する手段はなく、その不都合を排除するまで多大な製品ロストを生じていた。

【0008】

本発明の目的は、上記の問題点を解決するものであり、金属酸化物等を絶縁膜とするようなデバイス製造の一連の工程における膜の酸化工程中に、その膜の酸化状態を常に管理して、過不足なく膜の酸化工程を行う磁性多層膜作製装置および磁性多層膜作製方法を提供することにある。

【0009】

本発明の他の目的は、金属膜を酸化する際の膜作製の評価方法、および金属酸化膜の膜作製の制御方法を提供することにある。

【0010】**【課題を解決するための手段】**

本発明に係る磁性多層膜作製の装置および方法、膜作製の評価方法、膜作製の制御方法は、上記の目的を達成するため、次のように構成される。

【0011】

第1の磁性多層膜作製装置（請求項1に対応）は、基板に複数の磁性膜を含む多層膜を作製する複数の処理チャンバと、膜が堆積された基板を大気から遮断した状態で搬送する搬送機構と、金属膜の処理チャンバを有し、金属膜の処理チャンバに、多層膜に含まれる金属膜を処理する処理装置と、金属膜の表面状態等を光学的に評価する光学的測定装置と、この光学的測定装置から出力される測定信号に基づいて処理装置の動作を制御する制御装置を備えるように構成される。以上の構成により、成膜装置内で基板に多層膜を形成するとき、基板を大気中に晒すことなく、金属膜の処理工程中あるいは処理後に、当該金属膜の表面状態等を管理することができ、その金属膜の処理を適切に行うことができる。さらに成膜された金属膜を大気に晒すことなく連続的に処理し、その上に必要な別の膜を作製することができる。

【0012】

第2の磁性多層膜作製装置（請求項2に対応）は、上記の構成において、好ましくは、光学的測定装置は、反射型赤外分光光度計であり、金属膜の処理チャンバの容器外側に設けられた赤外光を発生する光源と、赤外光を処理チャンバ内に配置された基板の金属膜の表面に導入するための入射用窓と、金属膜の表面を経た測定光を処理チャンバ外部へ取り出すための反射光用窓と、測定光を検知する検知装置と、検出された信号から膜の表面状態等を判定する演算処理装置とから構成されることで特徴づけられる。以上の構成により、非常に薄い膜の表面状態等が非破壊でしかも真空中に配置された試料部分を大気側から検知し、処理を行う装置部分に検知情報をフィードバックして処理を最適に制御し、処理工程を管理することができる。

【0013】

第3の磁性多層膜作製装置（請求項3に対応）は、上記の構成において、好ましくは、上記測定光は、金属膜における処理部分と非処理部分との間の界面に起因して生じる光であることで特徴づけられる。金属膜自身の処理状態に基づいて測定光を得ることができる。

【0014】

第 4 の磁性多層膜作製装置（請求項 4 に対応）は、上記の構成において、好ましくは、上記測定光は、赤外光が金属膜の裏面側に位置する他の膜との関係によって反射される光であることを特徴とする。もともと基板上に多層膜を形成する装置であるので、処理対象となる金属膜の裏面に特別な反射部を設けることなく測定光を得ることができる。

【0 0 1 5】

第 5 の磁性多層膜作製装置（請求項 5 に対応）は、上記の構成において、好ましくは、複数の処理チャンバおよび金属膜の処理チャンバは、搬送装置を備えた搬送チャンバの周囲に配置され、上記基板は大気から遮断された状態で移動され、金属膜の処理チャンバでの金属膜の評価プロセスも真空の雰囲気内で行われることで特徴づけられる。この構成によって、金属膜の処理状態に係る評価を行うにあたって大気に晒すことなく行うことができ、かつ、成膜工程を維持しつつ基板の表面状態を評価しながら所定金属膜の処理を過不足なく行える。

【0 0 1 6】

第 6 の磁性多層膜作製装置（請求項 6 に対応）は、上記の構成において、好ましくは、金属膜の処理チャンバで行われる処理は酸化処理であることを特徴とする。この構成によって、TMR のような素子における非常に薄い A 1 酸化膜の適切な酸化状態を管理することができる。膜を酸化しながらその酸化状態を検知し、酸化工程を完了することができる。

【0 0 1 7】

第 1 の磁性多層膜作製方法（請求項 7 に対応）は、基板に複数の磁性膜を含む多層膜を作製する磁性多層膜作製方法であり、多層膜に含まれる金属膜を、成膜途中の段階でかつ大気を遮断した状態で、金属膜の表面状態等を光学的に測定・評価しながら最適に処理することで特徴づけられる。

【0 0 1 8】

第 2 の磁性多層膜作製方法（請求項 8 に対応）は、上記の第 1 の方法において、好ましくは、金属膜の表面状態等の測定・評価は金属膜の表面の酸化状態の検知に基づいて行われることを特徴とする。

【0 0 1 9】

本発明に係る膜作製の評価方法（請求項 9 に対応）は、基板上に金属膜を作製する膜作製において、当該金属膜を、大気を遮断した状態で処理し、金属膜における処理部分と非処理部分の関係を光学的に測定しながら金属膜における処理の進行状態を評価する方法である。

【0020】

本発明に係る膜作製の評価方法（請求項 10 に対応）は、上記の方法において、金属膜の処理状態の評価は金属膜の酸化状態の検知に基づいて行われることを特徴とする。

【0021】

本発明に係る膜作製の評価方法（請求項 11 に対応）は、上記の方法において、金属膜は A1（アルミニウム）であり、所定周波数の光について、酸化前の A1 を基準にして、その酸化により発現する酸化部分のピーク位置（A1-O）の吸収強度の差から酸化部分の増加を評価する方法である。

【0022】

本発明に係る膜作製の制御方法（請求項 12 に対応）は、基板上の金属膜を酸化するための方法であり、金属膜を大気を遮断した状態で酸化し、金属膜における酸化部分と非酸化部分の関係を光学的に測定し金属膜における酸化の進行状態を評価することを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の好適な実施形態について添付図面に基づいて説明する。

【0024】

図 1 と図 2 を参照して本発明に係る装置の構成を説明する。図 1 は本発明に係る装置の概略的な平面図、図 2 は A1 膜の酸化処理チャンバの一例を示す外略的な縦断面図である。図 1 に示された装置は、複数の磁性膜を含む多層膜の作製装置である。図 2 に示された装置は、酸化処理を行うための金属膜処理装置であり、また多層膜作製装置に含まれる酸化処理チャンバに該当するものである。

【0025】

図 1 に示された磁性多層膜作製装置 10 はクラスタ型装置であり、複数の成膜

チャンバを備えている。この装置では、ロボット搬送装置 11 を備える搬送チャンバ 12 が中央位置に設置されている。ロボット搬送装置 11 は、径方向に伸縮自由なアーム 13 と、基板を搭載するためのハンド 14 とを備えている。アーム 13 の基端部は搬送チャンバ 12 の中心部 12a に回転自在に付けられている。磁性多層膜作製装置 10 の搬送チャンバ 12 には、2つのロード/アンロードチャンバ 15, 16 が設けられ、それぞれにより基板 43 の搬入/搬出が行われる。これらのロード/アンロードチャンバ 15, 16 を交互に使用することにより、生産性よく多層膜を作製できる構成となっている。

【0026】

上記の磁性多層膜作製装置 10 では、搬送チャンバ 12 の周囲に、例えば、3つの成膜チャンバ 17A, 17B, 17C と、1つの酸化処理チャンバ 18 と、1つのクリーニングチャンバ 19 とが設けられている。酸化処理チャンバ 18 では、A1 膜（金属膜）を酸化処理し、その表面に酸化膜を成膜する。各チャンバの間には両チャンバを隔離しかつ必要に応じて開閉自在であるゲートバルブ 20 が設けられている。なお各チャンバには、図示しない真空排気機構、ガス導入機構、電力供給機構が付設されている。

【0027】

磁性多層膜作製装置 10 の成膜チャンバ 17A, 17B, 17C の各々ではスパッタリングにより基板の上に磁性膜を堆積する。例えば成膜チャンバ 17A, 17B, 17C の天井部には、それぞれ、適当な円周の上に配置された 4 基のターゲット（23, 24, 25, 26）、（29, 30, 31, 32）、（35, 36, 37, 38）が配置され、かつ当該円周と同軸上の下方に位置する基板ホルダ 21, 27, 33 上に基板 22, 28, 34 が配置されている。

【0028】

上記の複数のターゲットは、効率よくかつ適切な組成の磁性膜を堆積させるために、好適には各基板に向くように傾斜して設けられるが、基板面に平行な状態で設けられてもよい。また、複数のターゲットと基板とは相対的に回転するような構成に基づいて配置されている。この構成としては、例えば本出願人によって先に出願された特許願に係る特開 2002-088471 号公報に公開されてい

る回転カソード機構に基づくものを用いることができる。例えば成膜チャンバ 17 B には、Al ターゲットと他の磁性膜用ターゲットとが前述した配置構造に基づいて配置されており、その結果、基板上に後述するような多層膜構造を有した多層膜が形成される。

【0029】

成膜チャンバ 17 A, 17 B, 17 C において、必要に応じて順次に金属膜が成膜された後、基板 22, 28, 34 は酸化機構を備えた酸化処理チャンバ 18 に搬送され、金属膜に対して酸化処理が行われる。図 1 で示された例では、酸化処理チャンバ 18 において基板ホルダ 39 の上に基板 40 が搭載されている。

【0030】

またクリーニングチャンバ 19 においても、基板ホルダ 41 の上に基板 42 が搭載されている。

【0031】

図 3 に磁性多層膜構造の例 (A), (B), (C) を示す。(A) は 8 層の MRAM の多層膜構造例を示し、(B) は 10 層の TMR ヘッド/MRAM の多層膜構造例を示し、(C) は 13 層のアドバンスド GMR ヘッドの多層膜構造例を示している。例えば (B) の例では Al 膜形成後に、(C) の例では B 構成の CoFe 膜の形成後に、ロボット制御装置 11 によって、基板は酸化処理チャンバ 18 に導入され、そこで酸化処理が施される。その結果、(B) の例では Al-O 膜、(C) の例では CoFe 膜が酸化された NOL (Nano Oxide Layer) が形成される。

【0032】

最初に、Al 膜の酸化状態の管理機構について説明する。

【0033】

酸化処理チャンバ 18 では、Al 膜を酸化する表面化学反応が行われる。この表面化学反応は、例えば、プラズマ酸化、オゾン酸化、紫外線・オゾン酸化、ラジカル酸化などである。このうちプラズマ酸化の例について説明する。

【0034】

図 2 に示した酸化処理チャンバ 18 は、プラズマ酸化を行うための機構を備え

ている。この酸化処理チャンバ18は、全体装置として真空チャンバ51で形成され、この真空チャンバ51内に上部電極52と下部電極53が備えられている。上部電極52は真空チャンバ51の天井部に絶縁部（図示せず）を介して固定され、下部電極53は真空チャンバ51の底壁部に絶縁部（図示せず）を介して固定されている。下部電極53は、図1で示した基板ホルダ39に対応している。

【0035】

電氣的接続関係としては、上部電極52はアース部に接続され、下部電極53はマッチングボックス54を介してRF電源（高周波電源）55に接続されている。下部電極53の上に基板40が搭載されている。プラズマ条件が成立した状態で、上部電極52と下部電極53の間の空間でプラズマ56が生成される。また真空チャンバ51の壁面には、赤外光入射用窓57と反射光用窓58とが設けられている。さらに真空チャンバ51の天井部にプラズマ生成のための材料ガスを導入するガス導入部59が設けられている。

【0036】

酸化処理チャンバ18の外部には光学的測定装置が設けられている。光学的測定装置は、好ましくは、赤外光を利用した高感度反射法を用いたフーリエ変換赤外分光光度計である。赤外光入射用窓57の外側には、赤外光を出力する光源60が設けられる。光源60から出力された赤外光L1は、入射用窓57を通して酸化処理チャンバ18内に配置された基板40上のAl酸化膜を通過してAl膜あるいは下地のCoFe膜に到達する。基板40上に堆積した多層膜に入射した赤外光L1は、最初はAl膜で、Al膜の酸化が進行するにつれてAl酸化膜とAl膜との界面で、最終的にはCoFe膜の表面で、反射される。

【0037】

上記のごとくして反射された赤外光L2は測定光として反射光用窓58から酸化処理チャンバ18の外部へ取り出され、検出器61によって検出される。検出器61で検出された赤外光L1の反射光L2に関する信号は、さらに制御解析システム62で解析され、ここで赤外光L1の反射光L2についてその強度や吸収帯位置等のデータが算出される。これらのデータは酸化制御システム63に送ら

れ、酸化制御システム 63 で RF 電源 55 の出力を最適に制御し、基板 40 上における多層膜の A1 膜の酸化処理で最適な酸化が行われる。

【0038】

上記で、基板 40 上の A1 膜の酸化状態を FTIR の手法で評価しその酸化を制御する場合において、A1 膜で酸化が進行するとき、徐々に形成される A1 酸化膜 (A1-O) の部分と A1 膜部分の約 970 cm^{-1} 付近のピークの吸収強度の差から A1-O のピーク値を計算し、当該ピーク値の増加を評価することにより A1 膜における酸化状態を制御する。このように、A1 膜で酸化が進行しているときに、その酸化状態を評価するには、酸化前の A1 を基準とし、酸化されつつある部分のピーク値を利用して評価が行われる。

【0039】

上記の A1 膜の酸化の制御によれば、大気中に膜を出さなくても評価でき、このため最適な酸化膜を作製することができる。基板上に一層の酸化膜を形成するとき、あるいは多層膜中に含まれる酸化膜を形成するときに望ましい。特に基板に多層膜を堆積させるときには、基板を大気中に出さなくても済むことから、そのまま連続して必要な他の膜をその上に堆積して最終的な膜構成を作ることができるという利点が生じる。

【0040】

上記の A1 膜の酸化制御では、酸化処理をどこで停止するかということが問題となるが、一般的には次の方法で停止させる。

【0041】

ステップ 1： 酸化前の A1 膜の A1-O のピーク位置の強度を検出する。これを標準値とする。

ステップ 2： 酸化処理中の A1-O のピーク強度を検出する。このとき、金属の酸化による特定波数での強度を検出する。

ステップ 3： 最初の A1 膜表面の A1-O のピーク付近との比較により、A1-O のピークの強度差 (標準値との差) を求める。これは、同一物質はその存在量に比例した吸収強度を示すことによる (ランバート・ベールの法則)。ただし酸化が進むにつれて A1-O のピークは低波数側にシフトするので、金属の酸

化による特定波数近傍のある範囲の吸収波数域の中のピークの吸光度を検出することが必要である。A 1 - O のピークの強度差を比較し数値として管理する、またはピーク値を時間の経過と共に順次プロットして変化曲線を描き、変化曲線上の傾斜という観点で管理することが可能である。

ステップ 4： 上記のステップ 1 とステップ 2 を繰り返すことにより、前の検出量と新しい検出量を順次に比較し、その増加量が或る値以下になった時に、最適な酸化状態と評価して酸化処理を停止する。一例として A 1 膜の 1 0 0 % あるいは 9 5 % が酸化したら、酸化処理を停止することを設定しておく。このような値は後段のアニール等のプロセスに依存する。従って完全に酸化するかまたは完全に酸化される手前で停止するかは設計条件である。

【 0 0 4 2 】

以上のような A 1 膜等の酸化制御方法は、事前に酸化状態を算出する場合にも有効であり、その設定条件により酸化処理を行う製造ラインにおいても有効である。

【 0 0 4 3 】

上記の酸化処理チャンバ 1 8 の構成において、例えば、赤外光入射用窓 5 7 および反射光用窓 5 8 の材質は検出光に応じた透過領域を持つ例えば G e (ゲルマニウム) であり、光源 6 0 はグローバ (炭化ケイ素焼結体) および光源光の波長校正用 H e - N e レーザであり、検出器 6 1 は M C T (H g - C d - T e) 検出器である。

【 0 0 4 4 】

また高感度反射型赤外スペクトル測定方法については、例えば特開平 6 - 2 4 1 9 9 2 号公報や特開平 9 - 2 6 4 8 4 8 号公報に開示されているように、被測定物の裏面に金属反射板を配置し、入射した赤外光を反射させることにより、被測定物の厚さや化学結合種、官能基等の情報を得るための分析方法として多くの分野で利用されているものである。

【 0 0 4 5 】

上述した高感度反射型赤外スペクトル測定方法では、前述のように、被測定物の裏面に基板表面に照射された赤外光が反射するための金属反射板、例えば上記

の公知の特許文献においては赤外光を20%以上の反射率で反射するものが好ましく、金、銀、銅、アルミニウム等を必要としている。

【0046】

上記に対して、本実施形態（本発明）の構成においては、酸化したい膜の下側には図3に示したごとく既にCoFe膜を最上層とした金属多層膜が形成されており、しかも、本発明による多層膜作製装置の特徴である膜厚均一性が良好な状態で連続積層される多層膜構造となっているため、形成された各多層膜表面（界面）は非常に平滑な状態となっている。従って本発明では、反射型赤外分光スペクトル測定のために、必要とした被測定物裏面の平滑な金属膜を配置する必要はなく、多層膜が形成されている基板そのまま測定することが可能である。

【0047】

次に図3に従って磁性膜を含む多層膜の構成を説明する。本実施形態では、赤外光反射作用に基づき測定される試料部分は、基板上に堆積される複数の磁性膜を含む多層膜製作途中のAl酸化膜（ Al_2O_3 膜）あるいはCoFe酸化膜である。Al膜の例を説明する。図3の（A）および（B）に示すように、MRAMあるいはTMRヘッドは複数の磁性膜を含む多層膜から構成される。Aは反強磁性層、Bは多層磁性層（ピン層）、Al-OはAl酸化膜、Cは多層磁性層（フリー層）、Taは保護膜である。各層は数nmの非常に薄い膜から構成されている。Oxは酸化処理を示す。図3に示すように、構成Bと構成Cの間には1nm程度のAl酸化膜による絶縁層により遮断されている。

【0048】

W. Zhu (Appl. Phys. Lett. 78, 3103 (2001)) らは、高MR比のMTJs (Magnetic tunneling junctions) を得るために必要なCo上のAl膜の酸化をFTIR (Fourier transform infrared) spectroscopyにより評価した結果を発表している。本発明者らは、同様な評価を、真空装置内において上記多層膜構造を作製している途中で行うことを試み、良好な結果を得た。用いた方法は、以下の（表1）に示す通りである。

【0049】

【表1】

酸化処理方法：酸素プラズマ酸化

条件：RF；20W、Ar；20sccm、O₂；2sccm

酸化時間：20秒、60秒、80秒、180秒

試料：

試料	Al 酸化時間（秒）
試料 1	0 秒
試料 2	20 秒
試料 3	60 秒
試料 4	80 秒
試料 5	180 秒

試料(構造)：Si 基板/CoFe (2nm) /Al (1.2nm)

測定方法：フーリエ変換式赤外分光分析法

測定手法：高感度反射法

分解能：8 cm⁻¹

積算回数：256回

測定範囲：4000 - 700 cm⁻¹

検出器：MCT 検出器

【0050】

図4は、Al₂O₃による吸収（Al-O伸縮振動）と考えられる970 cm⁻¹付近の吸収強度とAl膜酸化時間との関係を示すグラフである。図4で、横軸は酸化時間（秒）を意味し、縦軸は吸収強度（Arb. Unit:任意単位）を意味する。また図5は、上記吸収帯のピーク位置とAl膜酸化時間との関係を示すグラフである。図5で横軸は酸化時間（秒）を意味し、縦軸は波数（cm⁻¹）を意味する。

【0051】

図4では、酸化時間が長いほどAl-O伸縮振動強度が強くなって、一定値に近づくことが分かる。また図5では、酸化時間が長くなるほど低波数側にピーク位置がシフトしていくことが分かる。前述のW. Zhuらによれば、酸化時間が長くなるにつれ、酸化層の厚さは厚くなり、そのAl-O伸縮振動ピーク位置は低波

数方向にシフトしていくことが報告されており、今回の実験は同様な動向を示していることが分かった。上記の結果は、プラズマ酸化終了後に上記酸化処理チャンバ 18 内で、Al 酸化膜の酸化状態を評価したものであるが、酸化処理中においても同様に評価可能である。

【0052】

酸素プラズマでは酸素原子ラジカルを主とする約 $0.8\ \mu\text{m}$ ($777\ \text{nm}$) の発光を生じるが、測定に使用する赤外光は一般的に $2.5\sim 25\ \mu\text{m}$ であり、阻害されない。またプラズマ中を通過／反射した赤外光の Al による反射光と Al-O によって吸収を受けた後の反射光との差を見ることを原理とする上記の FTIR 法においては、相対的な両者の差は充分に得ることができる。

【0053】

実際のデバイス（素子）作製には、図 3 における構成 B の磁性層（ピン層）を固定するために、多層膜作製の後のアニールが必要である。例えば、 260°C で 5 時間程度アニール処理を行う。この工程を経て良好なデバイスを得るには、 $1.2\ \text{nm}$ の Al 膜の場合では、図 4 で Al-O 伸縮振動の強度が飽和した状態（ $60\sim 80$ 秒）の若干手前になるような酸化を行うと、良好な磁性特性を有するデバイスが得られることが分かった。なお、この適切な酸化状態は工程中の諸条件により異なるので、酸化の度合いはその製造プロセスに依存する。

【0054】

以上に基づき、本実施形態に係る装置構成または方法に従えば、Al 膜を例えば酸素プラズマ等による酸化後あるいは酸化しながら、その酸化状態を検知することができ、Al-O の吸収位置や CoFe-O 等の下地膜による酸化化合物の吸収帯を検出することにより、最適な Al 酸化膜を得ることができる。

【0055】

なお本発明は、上記実施形態に限定されず、Al 膜の酸化状態だけでなく、他の金属の酸化状態を管理することもできる。また多層膜に限定されず、一層の金属膜の酸化であってもよい。また酸化だけではなく、窒化等の処理を施した金属膜の評価も可能である。

【0056】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように本発明によれば、TMR素子からなる磁気ヘッドやMRAM等の磁性膜を含む多層膜の作製装置において、そのTMR素子の絶縁膜として、成膜チャンバで作製したAl膜の酸化状態を管理しながら酸化処理を行うことができ、基板を大気に晒すことなく真空状態の雰囲気を保持したまま良質なデバイスを歩留まりよく作製することができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明に係る多層膜作製装置の代表的実施形態の全体構成を概略的に示す平面図である。

【図2】

本発明に係る多層膜作製装置に含まれる酸化処理装置（酸化処理チャンバ）の概略的構成を示す縦断面図である。

【図3】

磁性多層膜の構造をの一例を示す図である。

【図4】

970 cm⁻¹付近（Al-O伸縮振動）のバンドの吸収強度とAl膜酸化時間との関係を示す図である。

【図5】

Al-O伸縮振動吸収帯のピーク位置とAl膜酸化時間との関係を示す図である。

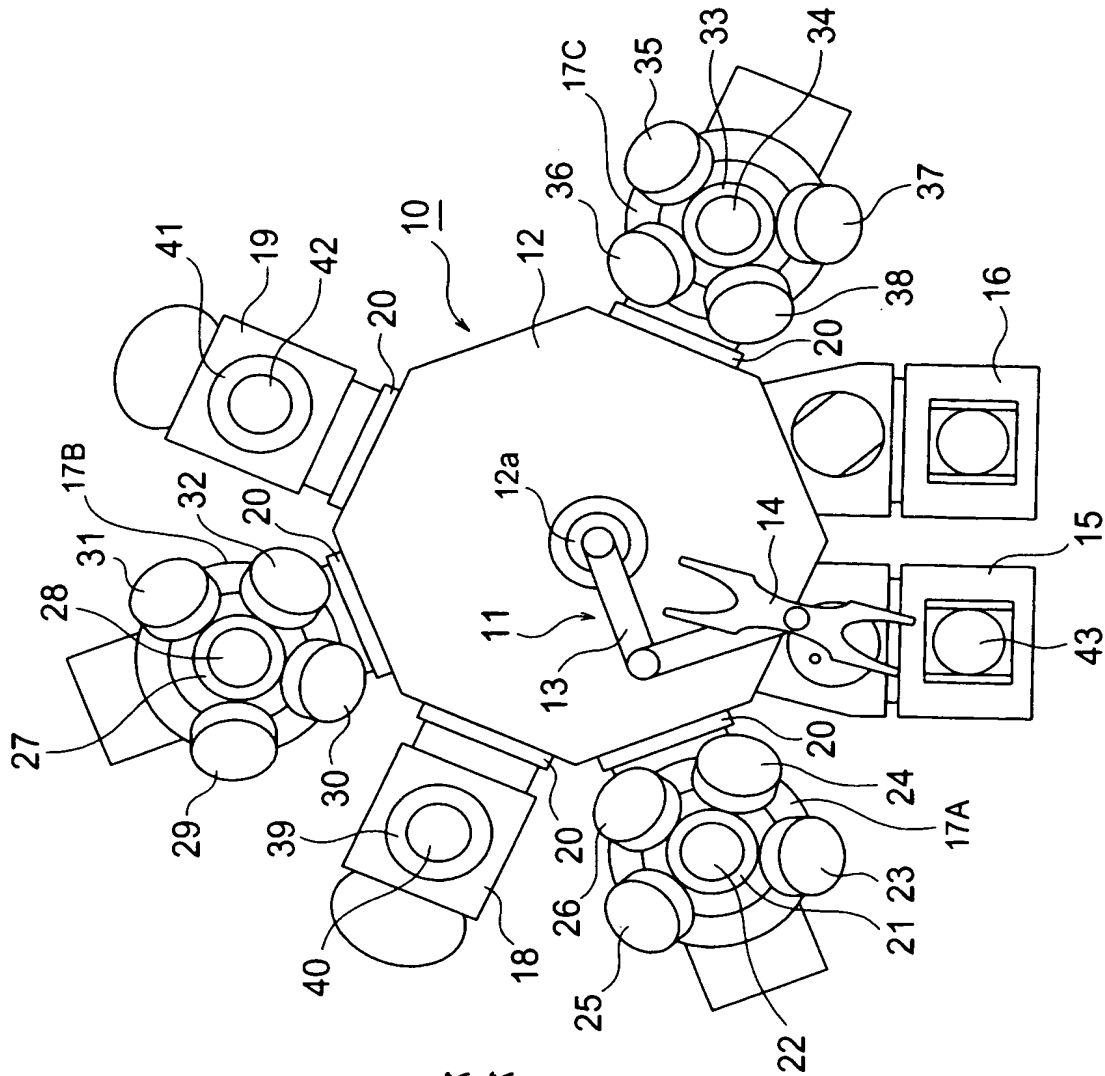
【符号の説明】

10	磁性多層膜作製装置
11	ロボット搬送装置
12	搬送チャンバ
17A～17C	成膜チャンバ
18	酸化処理チャンバ
21	基板ホルダ
22, 40	基板

5 7	赤外光入射用窓
5 8	反射光用窓
6 0	光源
6 1	検出器
6 2	制御解析システム
6 3	酸化制御システム

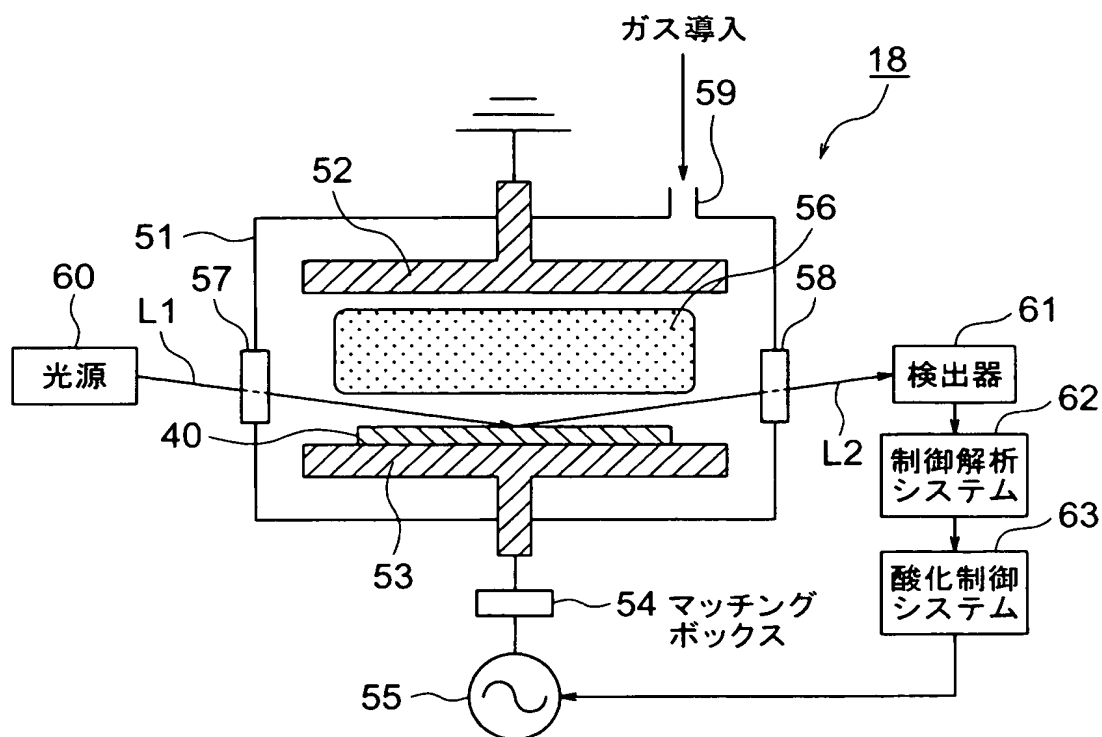
【書類名】 図面

【図 1】



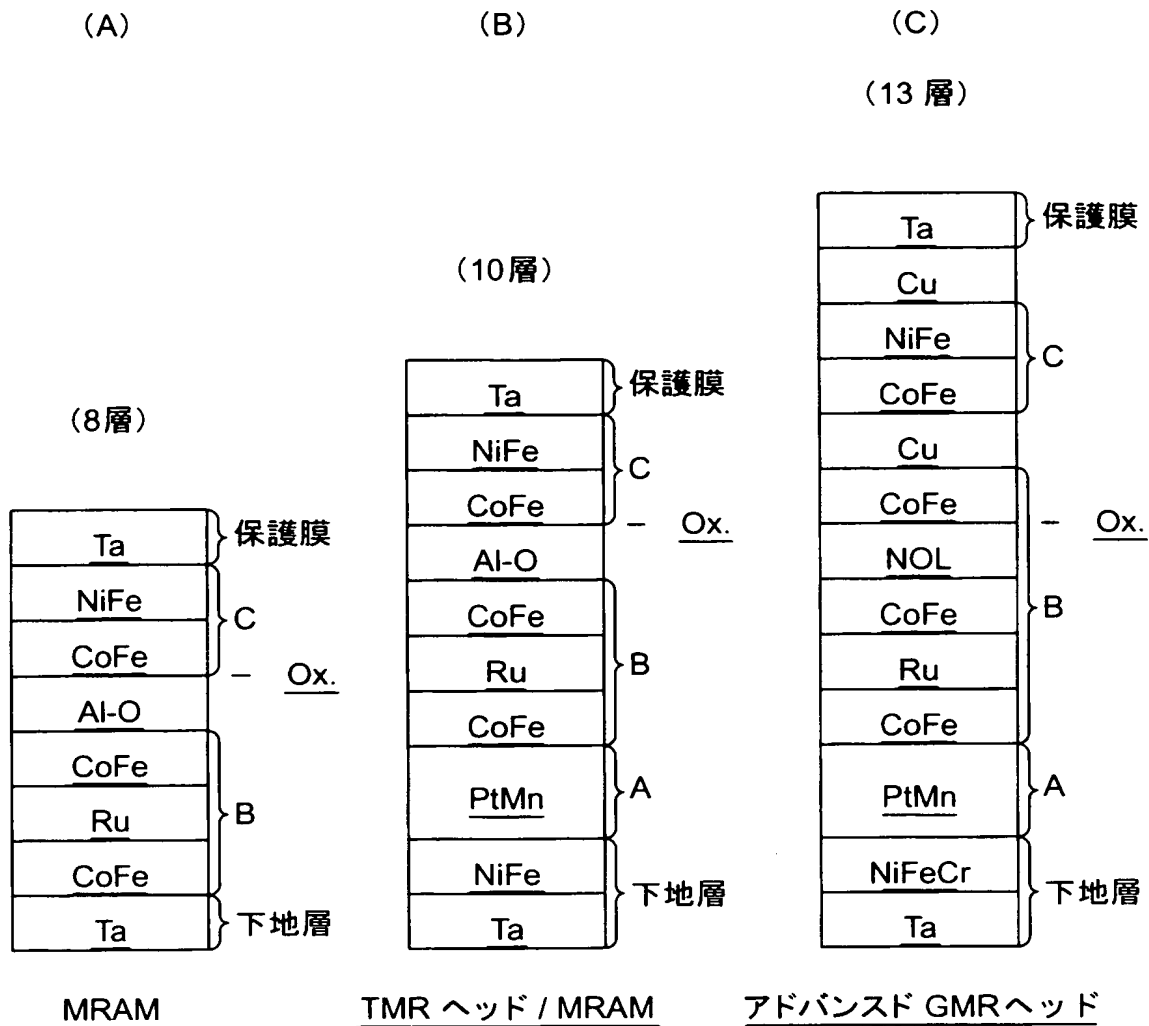
- 10: 磁性多層膜作製装置
- 11: ロボット搬送装置
- 12: 搬送チャンバ
- 15: ロード／アンロードチャンバ
- 16: ロード／アンロードチャンバ
- 17A~17C: 成膜チャンバ
- 18: 酸化処理チャンバ
- 19: クリーニングチャンバ
- 20: ゲートバルブ
- 21: 基板ホルダ
- 22: 基板
- 23~26: ターゲット

【図 2】



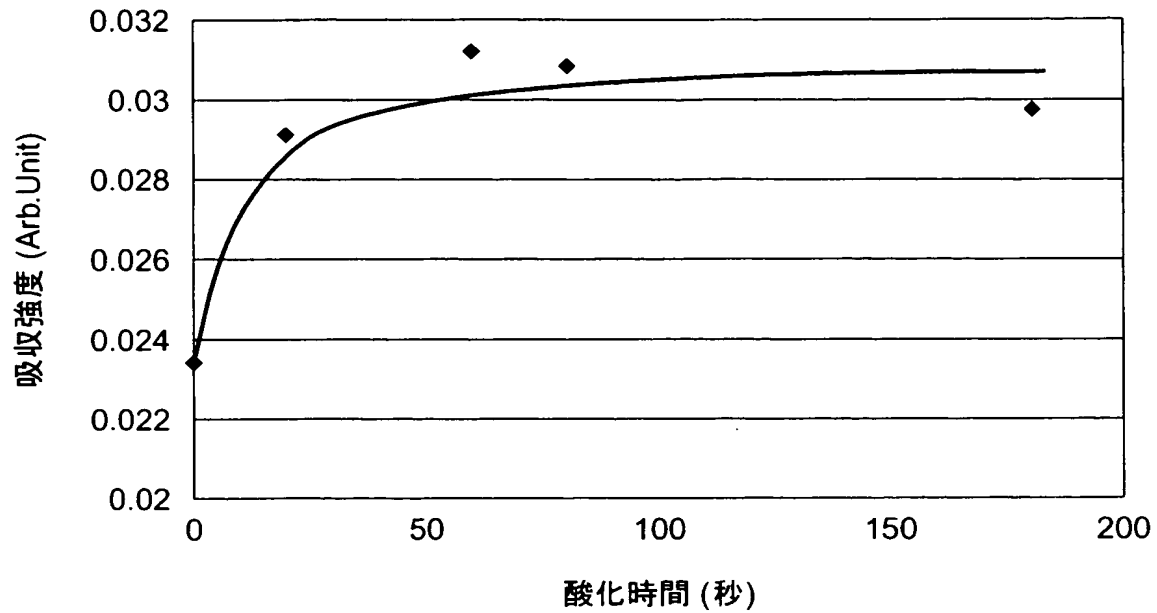
- 40: 基板
- 51: 真空チャンバ
- 52: 上部電極
- 53: 下部電極
- 55: RF電源
- 56: プラズマ
- 57: 赤外光X射用窓
- 58: 反射光用窓

【図 3】



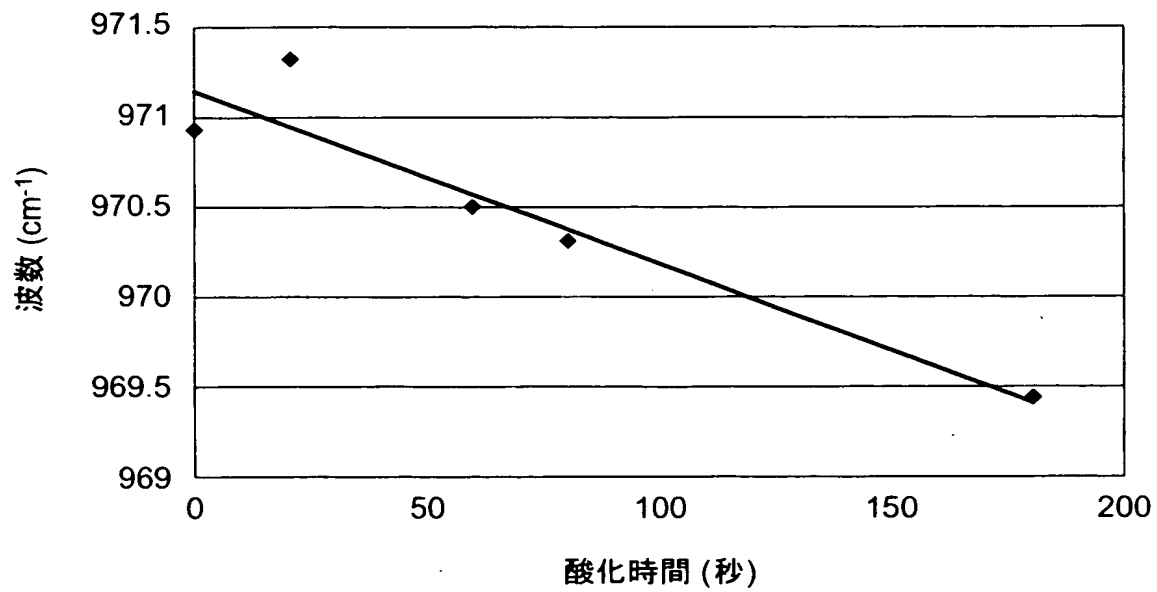
A: 反強磁性層
 B: ピン層
 C: フリー層
 Al-O: Al酸化膜(絶縁膜)
 Cu: 非磁性膜
 Ox.: 酸化処理

【図 4】



970cm⁻¹付近のバンドの吸収強度とAl酸化時間との関係

【図 5】



Al-Oバンドの位置とAl酸化時間との関係

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属酸化物等を絶縁膜とするようなデバイス製造の一連の工程における膜の酸化工程中に、その膜の酸化状態を常に管理して、過不足なく膜の酸化工程を行う磁性多層膜作製の装置および方法、膜作製の評価方法、膜作製の制御方法を提供する。

【解決手段】 基板 2 2 に複数の磁性膜を含む多層膜を作製する複数の処理チャンバと、基板を大気から遮断した状態で搬送する搬送装置 1 1 と、金属膜の処理チャンバ 1 8 を有し、この処理チャンバに、多層膜に含まれる金属膜を処理する処理装置と、金属膜の表面状態を光学的に評価する光学的測定装置 6 0, 6 1, 6 2 と、この光学的測定装置から出力される測定信号に基づいて処理装置の動作を制御する制御装置 6 3 を備えるように構成される。成膜装置内で基板に多層膜を形成するとき、基板を大気に晒すことなく、金属膜の処理工程中に、当該金属膜の表面状態を管理でき、その金属膜の処理を過不足なく行える。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 1 8 9 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 2 7 2 9 4]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号
氏 名 日電アネルバ株式会社
2. 変更年月日 1 9 9 5 年 1 1 月 2 4 日
[変更理由] 名称変更
住所変更
住 所 東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号
氏 名 アネルバ株式会社